

【原著】

うどんのテクスチャーに及ぼす投入温度とタピオカ澱粉混合の影響

Effect of Putting Temperature and Tapioca Starch on the Texture of Japanese White Salted Noodles

江口 智美^{*1}, 山本 美晴^{*2}, 吉村 美紀^{*3}Satomi Eguchi^{*1}, Miharuru Yamamoto^{*2}, Miki Yoshimura^{*3}^{*1}山形県立米沢栄養大学健康栄養学部 ^{*2}元兵庫県立大学環境人間学部 ^{*3}兵庫県立大学環境人間学部^{*1} Faculty of Health and Nutrition, Yamagata Prefectural Yonezawa University of Nutrition Sciences^{*2} Formerly School of Human Science and Environment, University of Hyogo^{*3} School of Human Science and Environment, University of Hyogo

【目的】エコクッキングに適したうどんとゆで調理方法の検討を目的として、うどんの投入温度とエステル化タピオカ澱粉の混合がうどんの物性と嗜好性に及ぼす影響について検討した。

【方法】細麺の小麦粉麺（WF）とエステル化タピオカ澱粉10%混合麺（ETS）を、100℃もしくは80℃到達時にゆで水中に投入して10分間ゆで、4種のゆで試料を調製した。ゆで調理に伴う消費電力量、貫入特性、官能評価から評価を行った。

【結果】80℃投入では、100℃投入と比較し、ゆで調理に伴う消費電力量が18%削減された。WFでは、80℃投入でも100℃投入と同等の嗜好性が得られた。ETSでは、80℃投入の方が100℃投入よりも、やわらかくなりすぎず、こしがあり、なめらかで、高い嗜好性が得られた。

【結論】したがって、細麺を沸点到達前のプツプツと音がし出す段階である80℃で投入しゆで調理することは、エコクッキングの方法として有効であり、特にエステル化タピオカ澱粉10%混合麺において有効であった。

キーワード：うどん、タピオカ澱粉、テクスチャー、投入温度、エコクッキング

1. 緒言

環境に配慮した食生活であるエコクッキングの普及が進められている。地球温暖化やエネルギー問題などの一つの解決策として、エコクッキングに関心を持つ人が2000年以降増えつつある¹⁾。家庭での調理に伴うCO₂排出量の削減においては、熱源の部分での削減量が最大であることが明らかとなっている^{2,3)}。また、調理に伴う省エネルギー化を実現するためには、調理者個々が調理方法を工夫するだけでなく、食品自体の調理性改善を図ることも重要である。

調理性改善や食感改良の目的で、エステル化タピオカ澱粉を混合したうどん乾麺が広く製造されている⁴⁾。このうどんは、なめらかで粘着性が少なく、やわらかな弾力に富んだ好ましい食感を示

す⁴⁾。一方で、吸熱量が大きく^{5,6)}ゆでのびしやすいう欠点がある⁷⁾。

これまでに著者らは、ゆでのびの原因とされてきたエステル化タピオカ澱粉の吸熱量が大きい特性は、逆転の発想によれば、エコクッキングに有効利用できるのではないかと考えた。そして、既報⁶⁾において、消火後の余熱を利用したむらし調理を導入してうどんを調製した場合、糊化の進行や嗜好性に悪影響がなく、エステル化タピオカ澱粉を混合することはエコクッキングに有効であることを明らかにした。

本研究では、既報⁶⁾同様、エステル化タピオカ澱粉の吸熱量が大きい特性に着目するとともに、エコクッキングの方法として、沸点到達前からのゆで調理の有効性について、物性および嗜好性の

面から検討を試みた。一般に、乾麺をゆでる温度は高い方がよく、「沸騰した」湯を用いてゆでるとされている⁸⁾。「沸騰」の用語から認識する沸騰状態は受け手により異なる⁹⁾が、麺投入時の調理水温が麺の物性や嗜好性に与える影響についての報告はこれまでにほとんど見当たらない。以前は生産比率の半分近くを太麺が占めていたが、近年は細麺が75%程度を占めている¹⁰⁾。ゆで調理において、麺は表面から内部に向かって吸水・糊化していくが、細麺では内部への吸水が早く進むため⁸⁾、沸点到達前の投入による調理でも嗜好性を維持できる可能性があると考えた。また、麺のゆで調理では、鍋中の対流の状態がおいしさに影響するとされており、具体的にどのような状態が良いのかは未だ明らかではないが、沸点到達前の投入は消火後のむらし調理よりも対流のある状態で加熱できると考えた。そこで、本研究では、細麺のうどんを用いて、うどんの投入温度とエステル化タピオカ澱粉の混合が、うどんの物性と嗜好性に及ぼす影響について検討した。

II. 方法

1. 試料の調製

1) 乾麺

東亜食品工業(株)において、小麦粉麺（中力小麦粉100%，以下、WF）とエステル化タピオカ澱粉10%混合麺（中力小麦粉90%とエステル化タピオカ澱粉10%の混合，以下、ETS）の乾麺を調製した。既報¹¹⁾において、ETSはWFよりも澱粉粒子間の隙間面積が有意に広い疎な乾麺構造を持つことを確認している。したがって、この濃度では、沸点到達前からのゆで調理においても、澱粉粒の膨潤・糊化が特に進行しやすいのではないかと考え、この濃度を選定した。中力小麦粉は、近畿製粉(株)製の「ゴールドマーガレット」（澱粉含量77%，アミロース：アミロペクチン＝27%：73%⁶⁾），エステル化タピオカ澱粉は、松谷化学工業(株)製の

「松谷さくら」（アミロース：アミロペクチン＝24%：76%⁶⁾，酢酸澱粉，エステル化度DS＝0.02）であった。WF，ETSの乾麺の調製方法は以下のとおりであった。室温23℃で、原材料300 kgに3.6%（w/w）の食塩水を120 kg加え、20分間ミキシングした。60分間ドウを熟成してから、60分間麺帯巻取り熟成し、2.2 mm厚に麺帯を圧延して、3.0 mm幅に切断した。切断したドウは、24℃，相対湿度（R.H.）80%で2.5時間予備乾燥，25℃，R.H.75%で6時間本乾燥，23℃，R.H.50%で2.5時間もどし乾燥してから、210 mm長に裁断し、乾麺とした。

WF，ETSの乾麺ともに、仕上がり形状は2×3×210 mmの細麺であった。WFの乾麺の一般成分は、100 g中水分11.4 g，炭水化物76.9 g，たんぱく質8.8 g，脂質1.4 g，灰分1.5 g，ETSの乾麺の一般成分は、100 g中水分13.0 g，炭水化物76.5 g，たんぱく質8.0 g，脂質1.1 g，灰分1.4 gであった¹¹⁾。

2) ゆで試料

市販の小麦粉乾麺およびエステル化タピオカ澱粉6%混合乾麺の糊化温度が54～73℃⁶⁾であったことを考慮しながら、沸点到達前の投入温度を予備検討し、80℃とした。80℃はプツプツと少し沸いてきた状態⁹⁾であり、沸騰前に音がし出す段階として判断できる。

ステンレス鋼製鍋（直径27 cm，容量5 L）にイオン交換水2 Lを入れ、電磁調理器（MR-T1，100 V仕様，(株)東芝製）を用いて、水温25℃から蓋をして強火で加熱を開始した。水温が100℃もしくは80℃に到達した時点でWFおよびETSの乾麺を160 gを投入し、強火のまま10分間ゆでた。4種類いずれも、ゆで後直ちに10秒間湯切りし、15秒間流水にさらした。その後、ボウル中の20℃のイオン交換水2 Lで5秒間冷却してからざるにあげ、余分な水分を切った。これらをゆで試料とし、それぞれ、WF100，ETS100，WF80，ETS80と呼ぶことにする。

2. 測定方法

1) ゆで調理に伴う消費電力量

WF100およびETS100調製時の消費電力量を100%として、WF80およびETS80調製時の消費電力量の百分率を(1)式により算出した。

$$\text{WF80およびETS80調製時の消費電力量(\%)} \\ = \text{WF80およびETS80調製時の加熱時間(分)} / \\ \text{WF100およびETS100調製時の加熱時間(分)} \times 100 \\ \cdots (1)$$

2) 貫入特性

ゆで試料調製後、直ちに約3 cmの長さに切断し、貫入試験に供した。直径3.0 mmの円筒型ポリアセタール樹脂製プランジャー (No. 4) およびロードセル1.96 Nを装着した単軸圧縮・引張型レオメータ (レオナー RE-3305, (株)山電製) を用いて、貫入速度1.0 mm/sで、試料の高さの95%まで貫入した。1つの試料につき試料片7個以上を3回調製し、合計試料片数を21個以上とした。測定は室温(25℃)において行った。

3) 官能評価

パネルは、兵庫県立大学の学生30名(22.0±2.3歳)とし、評価は室温(25℃)において行った。つけ麺として食べることを想定し、調製直後のゆで試料約50 gと麺つゆ10 mLをお椀に入れて、位置効果に配慮して4種を同時に各被験者に提示した。麺つゆを飲まないよう指示した他は、自由に咀嚼・嚥下させた。5段階評点法(1～5点)を用い、WF100(3点)に対する相対評価とした。分析型評価項目は、「硬さ(識別)」(やわらかい(1)⇔硬い(5)), 「こし(識別)」(こしがない(1)⇔こしがある(5)), 「なめらかさ(識別)」(ざらざら(1)⇔つるつる(5))の3項目とした。嗜好型評価項目は、「硬さ(嗜好)」、「こし(嗜好)」、「なめらかさ(嗜好)」、「総合的な好ましさ」(嫌い(1)⇔好き(5))の4項目とした。「こし」の用語の意味は、適当に硬く粘りがあってやわらかいがプツンと切れにくいこと¹²⁾とした。

4) 統計解析

統計ソフト (SPSS Statistics 17.0, エス・ピー・エス・エス(株)製)を使用した。有意水準は5%とした。

貫入特性値は、試料を要因として一元配置の分散分析を行った。有意な試料差が認められた場合には、その後の検定としてTukeyのHSDの方法による多重比較を行った。

官能評価値は、試料を要因として、対応ありの一要因の分散分析を行った。WF100に対する相対評価としたため、WF100のスコアは分散分析から除外した。有意な試料差が認められた場合には、その後の検定としてBonferroniの方法による多重比較を行った。WF100との有意差は、比較する試料のスコアから平均値の95%信頼区間を求めて検定した。

III. 結果および考察

1. ゆで調理に伴う消費電力量

WF100およびETS100調製時の加熱時間は、水温が100℃に到達するまでの12分間とゆで10分間の計22分間であった。WF80およびETS80調製時の加熱時間は、水温が80℃に到達するまでの8分間とゆで10分間の計18分間であった。したがって、WF100およびETS100調製時の消費電力量を100%とすると、WF80およびETS80調製時の消費電力量の百分率は、82%であった。80℃投入では、100℃投入と比較し、18%の消費電力量が削減された。

2. 貫入特性

得られた貫入曲線に明確な破断点はみられなかった。うどんは、水分勾配による硬さの不均一性が特徴的な食品であるが^{13,14)}、不均質試料の貫入曲線は各部位ごとの硬さを連続的に示し¹⁵⁾、極大変形下での力学抵抗性はヒトの咀嚼初期の挙動と最も対応する¹⁶⁾。したがって、本研究では、ヒトの咀嚼挙動と最も対応する最大貫入歪0.95における荷重を求め、硬さの評価指標とした。また、

四宮の方法¹³⁾を参考に、貫入エネルギーを求め、「こし」の評価指標とした。

貫入歪0.95における荷重を図1に、貫入エネルギーを図2に示す。貫入歪0.95における荷重、貫入エネルギーともに、WF100およびWF80がETS100およびETS80よりも有意に大きかった。したがって、投入温度に関わらず、WFはETSよりも有意に硬くてこしがあった。ETSはWFよりも十分な吸水と澱粉粒の膨潤・糊化が進行しやすい疎な構造¹¹⁾であったため、やわらかく、こしが弱くなったと推察される。

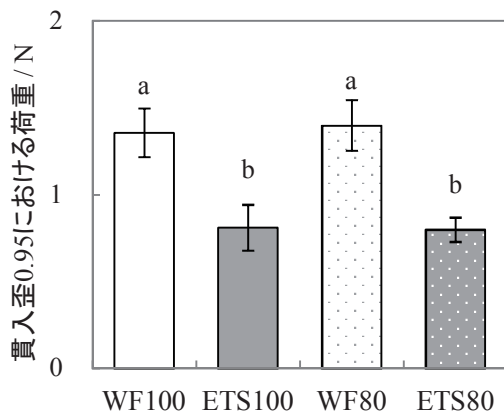


図1 うどんの貫入歪0.95における荷重
測定温度: 25℃ . n \geq 21. 貫入速度: 1.0 mm/s. プランジャー: $\phi=3.0$ mm.
Tucky (HSD). 異符号間= $p<0.05$.

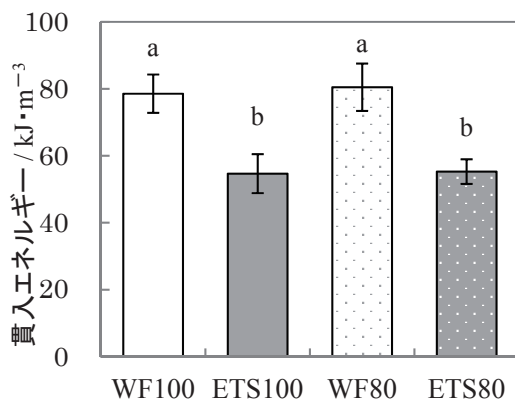
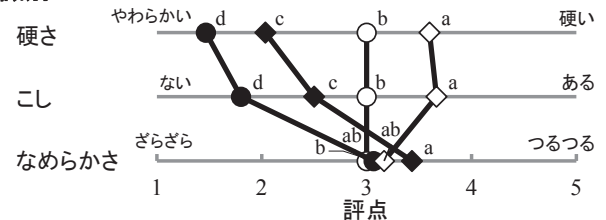


図2 うどんの貫入エネルギー
測定温度: 25℃ . n \geq 21. 貫入速度: 1.0 mm/s. プランジャー: $\phi=3.0$ mm.
Tucky (HSD). 異符号間= $p<0.05$.

3. 官能評価

官能評価の結果を図3に示す。

識別



嗜好

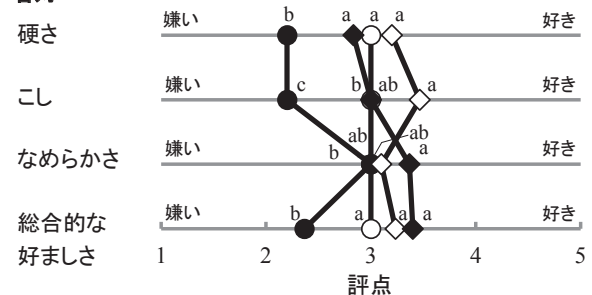


図3 うどんの官能評価

n=30 (年齢: 22.0 \pm 2.3歳). WF=3点に対する相対評価.

○, WF100; ●, ETS100; ◇, WF80; ◆, ETS80.

対応あり, Bonferroni.

WF100と各試料間には各試料の平均値の95%信頼区間から検定.

異符号間= $p<0.05$.

硬さ(識別)とこし(識別)について、WF80, WF100, ETS80, ETS100の順に有意に硬く、こしがあると識別された。投入温度に関わらず、WFがETSよりも有意に硬くてこしがあったことは貫入特性の結果と一致したが、官能評価ではさらに、WF, ETSのいずれにおいても、80℃投入の方が100℃投入よりも有意に硬くてこしがあると識別された。本研究では、官能評価を若年者パネルで実施したことから、機器測定よりもヒト試験の方がわずかな物性の違いを敏感に感知した可能性が考えられる。また、硬さ(嗜好)は、WF80, WF100, ETS80がETS100よりも有意に好まれた。したがって、WFでは、80℃投入と100℃投入で硬さの嗜好に有意差は認められず同等であったが、ETSでは、80℃投入の方が100℃投入よりも硬さが有意に好まれた。糊化が進行しやす

いETSでは、80℃投入の方が100℃投入よりもやわらかくなりすぎず、好まれたと考えられる。こし（嗜好）は、WF80がWF100、ETS100よりも有意に好まれ、ETS80がETS100よりも有意に好まれた。したがって、WF、ETSともに、80℃投入の方が100℃投入よりもこしが有意に好まれた。

なめらかさ（識別）（嗜好）は、ETS80がWF100よりも有意につるつるしていると識別され、そのなめらかさが有意に好まれた。エステル化タピオカ澱粉混合麺は、小麦粉麺よりも、なめらかな食感が付与される⁴⁾が、ゆで操作中の澱粉の溶出量が多い¹⁷⁾とされている。澱粉の溶出量が多いと麺の表面が荒れ肌となる⁸⁾が、ETSの80℃投入により、澱粉の溶出が抑制され、なめらかな食感が十分に発現されたと考えられる。

総合的な好ましさは、WF80、WF100、ETS80がETS100よりも有意に好まれた。したがって、WFでは、80℃投入と100℃投入で同等の嗜好性が得られ、ETSでは、80℃投入の方が100℃投入よりも高い嗜好性が得られた。ETSの80℃投入では、やわらかくなりすぎず、こしがあり、なめらかであったためと考えられる。

IV. 結論

80℃投入では、100℃投入と比較し、ゆで調理に伴う消費電力量が18%削減された。WFでは、80℃投入でも100℃投入と同等の嗜好性が得られた。ETSでは、80℃投入の方が100℃投入よりも、やわらかくなりすぎず、こしがあり、なめらかで、高い嗜好性が得られた。したがって、細麺を沸点到達前のプツプツと音がし出す段階である80℃で投入しゆで調理することは、エコクッキングの方法として有効であり、特にエステル化タピオカ澱粉10%混合麺において有効であった。

謝辞

本研究の遂行にあたり、乾麺の調製および提供をいただきました東亜食品工業(株)に深く感謝致します。

利益相反

本研究において、利益相反に相当する事項はない。

文献

- 1) 三神彩子：環境に配慮した食生活「エコ・クッキング」が地球環境問題の改善に与える影響，日本調理科学会誌，45，323-331（2012）
- 2) 三神彩子，喜多記子，佐藤久美，他：加熱操作法ごとの中華鍋の省エネルギー性およびCO₂排出量削減効果の評価，日本調理科学会誌，43，98-105（2010）
- 3) 長尾慶子，喜多記子，松田麗子，他：家庭におけるエコ・クッキングの実践がCO₂削減に及ぼす効果，日本家政学会誌，59，903-910（2008）
- 4) 横山公一：でん粉の麺用途における最近の動向，でん粉情報，32，1-7（2010）
- 5) Hou, G. : Oriental noodles, *Advances in Food and Nutrition Research*, 43, 141-193（2001）
- 6) Eguchi, S., Kitamoto, N., Nishinari, K., et al. : Effects of esterified tapioca starch on the physical and thermal properties of Japanese white salted noodles prepared partly by residual heat, *Food Hydrocolloids*, 35, 198-208（2014）
- 7) Chiu, C.W. & Chau, H. : Replacement of Mung Bean Starch by Modified Potato and Sweet Potato Starch in Oriental Noodles, *United States Patent*, 4,871,572（1989）
- 8) 安藤剛久：改訂3版乾めん入門，pp. 122-134（2008），日本食糧新聞社，東京
- 9) 福留奈美：調理における沸騰を表す用語・表現，日本調理科学会誌，47，239-246（2014）

- 10) 安藤剛久：改訂3版乾めん入門, pp. 37-44
(2008), 日本食糧新聞社, 東京
- 11) 江口智美, 吉村美紀：うどんの力学特性と咀嚼特性に及ぼすタピオカ澱粉混合濃度の影響,
日本食品科学工学会誌, 61, 353-361 (2014)
- 12) 三木英三, 平田紀子, 難藤晴美, 他：茹めんのテクスチャー評価, 香川大学農学部学術報告,
47, 133-142 (1995)
- 13) 四宮陽子：破断試験によるゆで麺のテクスチャーの特徴と官能評価との関係, 日本調理科学会誌, 33, 198-203 (2000)
- 14) 小島登貴子, 関根正裕, 鈴木敏正, 他：ゆで麺のテクスチャーに対する水分分布の影響, 日本食品科学工学会誌, 47, 142-147 (2000)
- 15) 堀内久弥, 西成勝好, 新倉正子, 他：野菜のテクスチャーと冷凍適性（第2報）貫入による冷凍人参のテクスチャー特性, 日本食品工業学会誌, 23, 468-473 (1976)
- 16) 神山かおる, 早川文代：固形状食品における力学物性と咀嚼挙動との関係, 日本咀嚼学会雑誌, 17, 35-44 (2007)
- 17) 遠山良, 三浦靖, 種谷真一：冷麺の食味特性におよぼすでんぷん原料の影響, 日本調理科学会誌, 30, 213-225 (1997)